

EP04/50583



## PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

### Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:**

103 25 338.6

REC'D 07 JUN 2004

WIPO

PCT

**Anmeldetag:**

04. Juni 2003

**Anmelder/Inhaber:**

Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

**Bezeichnung:**

Verfahren zur Dämpfung von Druckschwingungen  
im Messsignal einer Lambdasonde

**IPC:**

F 01 N, F 02 D, G 01 N

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 3. Mai 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Klostermeyer

## Beschreibung

Verfahren zur Dämpfung von Druckschwingungen im Messsignal einer Lambdasonde

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Gewinnen eines bereinigten Ausgangssignales aus dem eine periodische Druckabhängigkeit aufweisenden Messsignal einer im Abgas einer Brennkraftmaschine angeordneten Lambdasonde, bei dem das

10

Messsignal in einem Zeitraster abgetastet und durch Aufsummation über eine vorgegebene Summationszeit gemittelt wird, wobei die Summationszeit der drehzahlabhängigen Periodendauer von Druckpulsationen des Abgases entspricht.

15

Ein derartiges Verfahren ist bereits aus der DE 37 43 315 A1 bekannt.

Zur kontinuierlichen Bestimmung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses mit hoher Ansprechgeschwindigkeit sowohl im

20

"mageren" - Lambda größer als eins -, als auch im "fetten" Gemischbereich - Lambda kleiner als eins -, werden im Abgasstrang montierte Sauerstoffsensoren verwendet. Diese sogenannten stetigen oder linearen Lambdasonden arbeiten nach dem Zwei-Zellen-Grenzstromsonden-Prinzip und können als Vorkat-

35 Sonden zur Regelung der Einspritzung (Lambdaregelung), besonders aber zur Steuerung von Magermotoren, beispielsweise von Ottomotoren mit Kraftstoff-Direkteinspritzung, eingesetzt werden.

30

Das Messsignal einer Lambdasonde hängt von einer Mehrzahl von Größen ab, insbesondere von der festzustellenden Sauerstoffkonzentration im Abgas, aber auch von der Keramiktemperatur und dem Abgasgegendruck, wobei das Maß der Druckabhängigkeit des Messsignals durch das Sondendesign definiert ist. Bei

35

dieser Druckabhängigkeit muss zwischen einer statischen und einer dynamischen Druckabhängigkeit unterschieden werden. Die typischen Schwankungen der dynamischen Druckabhängigkeit des

Messsignals liegen bei stetigen Lambdasonden im signifikanten Bereich und damit eine Größenordnung höher als bei sogenannten binären Lambdasonden. Im Folgenden geht es um das Dämpfen bzw. Eliminieren der periodischen Druckeinflüsse, insbesondere im Zusammenhang mit stetigen Lambdasonden.

Druckpulsationen im Abgassystem haben eine Ursache im plötzlichen Anstieg des positiven Druckverlaufs, ausgelöst durch den beim Öffnen der Auslassventile eines Zylinders erzeugten Druckstoßes. Durch Reflexionen bzw. Überlagerungen der Abgas-schwingung in der Abgasanlage kommt es zu einem wellenförmigen Druckverlauf, bis mit dem nächsten Ausschiebetakt des Zylinders ein erneuter Druckstoß erfolgt. Ein im Viertaktverfahren betriebene Brennkraftmaschine erzeugt also einen dynamischen Abgas-Druckverlauf mit einer kurbelwellenbezogenen, also drehzahlabhängigen, Periodizität von  $720^\circ \text{KW}$ . Da die Frequenz der druckabhängigen Störung im Lambdasignal von der Drehzahl der Brennkraftmaschine abhängt und die zentrale Steuerungseinrichtung der Brennkraftmaschine auch weiterhin zur Messung schneller Vorgänge geeignet sein muss (z. B. zylinderselektive Lambdaregelung), ist die Möglichkeit einer Filterung via Hardware begrenzt. Aufgrund der beschriebenen charakteristischen Periodizität der Vorgänge ist zur Signalfilterung eine Mittelwertbildung über einen bestimmten Kurbelwinkelbereich der Brennkraftmaschine erforderlich, beispielsweise, bei einer Vierzylinder-Viertaktbrennkraftmaschine mit einer einflutigen Abgasanlage,  $720^\circ \text{KW} / 4 = 180^\circ \text{KW}$ .

Das gattungsgemäße Verfahren schlägt demgemäß eine Integrations- bzw. Summationszeit vor, die der drehzahlabhängigen Periodendauer des Druckverlaufs entspricht, im genannten Beispiel also  $180^\circ \text{KW}$ . In der oben genannten De 37 43 315 A1 wird außerdem die Möglichkeit erwähnt, eine gesonderte Einrichtung zur Summation vorzusehen, um den Mikrorechner des Kraftfahrzeugs von der Spezialaufgabe der Signalfilterung zu entlasten. Tatsächlich besteht folgende Problematik:

Das bekannte Verfahren zur Mittelwertbildung setzt offenbar voraus, dass für die einzelnen Messwerte des Lambdasondensignals, die z. B. im 1ms Zeitraster abgetastet und in einem Ringspeicher zwischengespeichert werden, ein relativ großer Speicherbereich reserviert wird. Zur Weiterverarbeitung des Lambdasondensignals würde dann zu jedem Zeitpunkt, zu dem ein gefiltertes Ausgangssignal benötigt wird, (z. B. alle 10 ms) eine Mittelwertbildung angestoßen, indem eine Anzahl  $N_1$  von zwischengespeicherten Einzelwerten summiert und durch  $N_1$  dividiert würde. Die Anzahl  $N_1$  entspräche, beim gegebenen Abtast-Zeitraster, genau der Periodendauer des Druckverlaufs. Für eine Vierzylinderbrennkraftmaschine müssten bei dieser Vorgehensweise im Ringspeicher, bei z.B. 600 Umdrehungen, immerhin 50 Einzelwerte simultan gespeichert werden, für ein 6-Zylinder-Zweibanksystem würden dementsprechend bereits insgesamt  $6 \times 2 = 12$  Einzelwerte gespeichert werden müssen. Außerdem müsste die Mittelwertbildung immer, das heißt zu jedem Aktualisierungszeitpunkt, über die gesamte Anzahl der  $N_1$  Messwerte der zu betrachtenden Periode ausgeführt werden, so dass vor allem bei geringen Drehzahlen die Summenwertbildung über bestimmte Abschnitte des Ringspeichers mehrfach ausgeführt würde.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein insbesondere hinsichtlich der Speicherplatzressourcen und des Rechenzeitbedarfs verbessertes Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst.

Gemäß der Erfindung wird zur Signalauswertung so vorgegangen, dass die fortlaufend abgetasteten Einzelwerte des Messsignals in einem Speicherbereich eines Speichers einer Steuerungseinrichtung für die Brennkraftmaschine zwischengespeichert werden, und dass zu jedem Zeitpunkt, zu dem ein aktualisiertes Sonden-Ausgangssignal benötigt wird, von der Steuerungsein-

richtung eine Mittelwertbildung eingeleitet wird, in die eine der Summationszeit entsprechende Anzahl  $N1$  von im Zeitraster abgetasteten Einzelwerten einbezogen wird. Erfindungsgemäß werden diese Schritte jedoch in der Weise durchgeführt, dass die Summation über die  $N1$  Einzelwerte blockweise erfolgt und bereits vor dem Aktualisierungszeitpunkt beginnt, so dass zur Berechnung eines Mittelwertes die zum Aktualisierungszeitpunkt bereits fortlaufend blockweise gebildeten und anstelle der jeweiligen Einzelwerte zwischengespeicherten Blockwerte herangezogen werden.

Das erfindungsgemäße Signalaufbereitungsverfahren stellt also vor allem auf einen günstigen Blockalgorithmus gemäß der Formel

$$VLS = \frac{1}{N1} \left[ \sum_{i=1}^{M1} VLS\_1ms + \sum_{i=M1+1}^{2*M1} VLS\_1ms + \dots + \sum_{i=N*M1+1}^{N1} VLS\_1ms \right]$$

ab, der die Möglichkeit einer vorteilhaften Speicherkonfiguration bzw. Speicherorganisation eröffnet. In der obigen Formel bedeutet  $VLS$  den aktuell zu berechnenden Mittelwert des Lambdasondenspannungssignals,  $VLS\_1ms$  jeweils einen einzelnen Rohwert des beispielsweise im 1 ms Zeitraster abgetasteten Lambdasignals,  $N1$  die drehzahlabhängige Anzahl der gemäß Periodendauer zur Mittelwertbildung eingesetzten Einzelwerte,  $N$  eine ganze Zahl und  $M1$  die Blocklänge, also die Anzahl der in einem Block zusammengefassten Einzelwerte.

Zur Berechnung eines Mittelwertes  $VLS$  werden demnach die bereits fortlaufend blockweise gebildeten Summationswerte über  $M1$  Messsignale sowie der verbleibende Rest der  $N1 - (N*M1)$  Messwerte herangezogen. Durch diese Maßnahme kann der Speicherbedarf derart reduziert werden, dass nur noch  $(N+M1)$  Block- bzw. Einzelwerte zwischengespeichert werden müssen. Ebenso sinkt der Rechenbedarf. Bei der Bestimmung der Anzahl  $M1$  ist die maximal mögliche Drehzahl des Motors sowie die Aktualisierungsrate des gemittelten Messwertes zu berücksichti-

gen. Die erfindungsgemäß verbesserten Verhältnisse können am Beispiel einer Messwerterfassung über einen längeren Zeitraum, hier 1s, mit einer Aktualisierung im 10 ms Zeitraster und einer Mittelwertbildung über  $N1=30$  Messwerte verdeutlicht werden ( $M1=10$ ):

bisher :  $100 \cdot 30$  Summationen + 100 Divisionen  
Erfindung :  $100 \cdot 10$  Summat. +  $100 \cdot 3$  Summat. + 100 Divisionen  
Speicherplatzbedarf bisher : 50 Werte (da bei niedrigen Drehzahlen  $N1 > 30$  werden kann)  
Speicherplatzbedarf Erfindung : 10 (Einzel)Werte + 4 Werte

Die Erfindung zielt auf eine segmentsynchrone Mittelwertbildung ab, das heißt, grundsätzlich sollte zu jedem Aktualisierungszeitpunkt zwecks Summierung sofort und genau über die  $N1$  zuletzt abgetasteten Einzelwerte "zurückgeblickt" werden können, die das aktuell zu mittelnde Segment der fortlaufend abgetasteten Einzelwerte bilden.

Um dies im Kontext der erfindungsgemäßen blockweisen Summation realisieren zu können, ist es vorteilhaft, in einem ersten Schritt folgende Teilsynchronisation vorzunehmen:

Die blockweise Summation erfolgt über jeweils  $M1$  nacheinander abgetastete und zwischengespeicherte Einzelwerte ( $M1$ -Block) und sie erfolgt in einem Block-Zeitraster, das dem  $M1$ -fachen des Abtast-Zeitrasters (Abtastrate) entspricht, wodurch die Aktualisierungsrate mit dem  $M1$ -Block-Zeitraster synchronisierbar ist. Für den Fall, dass die Segmentlänge ein ganzzahliges Vielfaches der Blocklänge ist, also für  $N1=N \cdot M1$ , kann damit bereits eine segmentsynchrone Mittelwertbildung einfach dadurch realisiert werden, dass die  $N$  zwischengespeicherten Blockwerte zur Berechnung herangezogen werden. Es können jedoch auch die  $N-1$  Blockwerte und alle  $M1$  Einzelwerte des am Aktualisierungszeitpunkt endenden "letzten"  $M1$ -Blocks aufsummiert werden.

Bei einer vom Vielfachen der Blocklänge abweichenden Segmentlänge  $N_1$  müssen zu einer möglichst segmentsynchronen Mittelwertbildung in einem zweiten Schritt weitere Teilschritte unternommen werden, die darauf hinauslaufen, entweder am Ende  
5 oder am Anfang der Summationszeit nicht, jedenfalls nicht bei der aktuellen Mittelwertbildung, alle Einzelwerte, sondern nur den benötigten Teil des betreffenden  $M_1$ -Blocks zu berücksichtigen, um trotz der in diesen Fällen gegebenen Inkommensurabilität von Blocklänge  $M_1$  und Segmentlänge  $N_1$  exakt  $N_1$   
10 Einzelwerte in die Mittelung einzubeziehen.

Gemäß einer ersten Ausführungsform ist es in diesen Fällen, in denen die Anzahl  $N_1$  nicht einem Vielfachen  $N$  von  $M_1$  entspricht, vorteilhaft, die über ein höchstes Vielfaches  $N \cdot M_1$   
15 hinausgehenden ersten  $N_1 - N \cdot M_1$  Einzelwerte des zuletzt abgetasteten  $M_1$ -Blocks bei einer aktuellen Mittelwertbildung einzeln einzubeziehen, während die restlichen Einzelwerte dieses  $M_1$ -Blocks dabei unberücksichtigt bleiben und erst in Form eines für diesen gesamten  $M_1$ -Block zu bildenden und zwischenspeichernden Blockwertes in die auf die aktuelle folgende  
20 Mittelwertbildung einbezogen werden. Bei dieser Ausführung bleiben demnach eine definierte Anzahl (z.B. 1 bis 9 im Fall eines  $M_1=10$  Blocks) von unmittelbar vor dem Aktualisierungszeitpunkt liegenden, nicht mehr in der aktuellen Summationszeit zu verarbeitenden, Einzelwerten zunächst unberücksichtigt. Bei dieser ersten Ausführungsform ist allerdings hinsichtlich der tatsächlichen Aktualität des Mittelwertes am  
25 Aktualisierungszeitpunkt eine "Totzeit" vom, im Beispiel, (1 bis 9)-fachen des Einzelwert-Abtastintervalls (Abtastrate) in  
30 Kauf zu nehmen.

Bei einer besonders vorteilhaften alternativen zweiten Ausführungsform bleiben gewisse restliche, aktuell nicht benötigte Einzelwerte, die zeitlich vor dem Beginn der aktuellen  
35 Summationszeit in einem frühesten, für die aktuelle Mittelwertbildung heranzuziehenden  $M_1$ -Block positioniert sind, unberücksichtigt. Im einzelnen wird in den hier in Rede stehen-

den Fällen, in denen die Anzahl  $N_1$  nicht einem Vielfachen  $N$  von  $M_1$  entspricht, jeder  $M_1$ -Block in zwei Teilblöcke  $B_1$  und  $B_2$  aufgespalten, wobei der Teilblock  $B_2$  die über ein höchstes Vielfaches  $N \cdot M_1$  hinausgehenden letzten  $N_1 - N \cdot M_1$  Einzelwerte des jeweiligen  $M_1$ -Blocks und der Teilblock  $B_1$  die restlichen ersten  $M_1 - (N_1 - N \cdot M_1)$  Einzelwerte des  $M_1$ -Blocks umfasst. Ferner erfolgt im Block-Zeitraster eine blockweise Summation der jeweiligen beiden Teilblöcke  $B_1$  und  $B_2$  zu Teilblockwerten  $MW_{B_1}$  und  $MW_{B_2}$ , die anstelle der jeweiligen Einzelwerte zwischen-  
5 gespeichert werden. Für eine aktuelle Mittelwertbildung werden dann schließlich jeweils die beiden Teilblockwerte der  $N$  zuletzt verarbeiteten  $M_1$ -Blöcke und der Teilblockwert  $MW_{B_2}$  des unmittelbar vor den  $N$  letzten  $M_1$ -Blöcken verarbeiteten  $M_1$ -Blocks herangezogen. Auf diese Weise wird eine Totzeit  
10 vermieden und tatsächlich über die unmittelbar vor dem Aktualisierungszeitpunkt liegenden  $N_1$  Einzelwerte gemittelt.  
15

Die Vorteile der erfindungsgemäß möglichen Speicherplatzreduzierung lassen sich insbesondere dadurch realisieren, dass  
20 der Speicherbereich im Ringspeichermodus betrieben wird.

Besonders geeignet ist das Verfahren im Zusammenhang mit der Auswertung des Messsignals einer stromaufwärts eines Katalysators der Brennkraftmaschine angeordneten, eine stetige Charakteristik des Messsignals aufweisenden, Lambdasonde.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und den Figuren der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:  
30

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit einer Lambdasonde, deren Signal aufbereitet werden soll,

35 Figur 2 ein Diagramm der Zeitabhängigkeit des aufzubereitenden Signals bei verschiedenen Drehzahlen der Brennkraftmaschine,



Figur 3 ein Organisationsschema von symbolisch in drei Ebenen dargestellten Speicher- bzw. Rechenschritten zur Verarbeitung von Lambdasignal-Einzelwerten gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

Figur 1 zeigt in Form eines Blockschaltbildes eine Anordnung, bei der das erfindungsgemäße Verfahren angewendet wird. Dabei sind nur diejenigen Komponenten dargestellt, die für das Verständnis der Erfindung notwendig sind. Der Brennkraftmaschine 1 wird über einen Ansaugkanal 2 ein Luft-/Kraftstoffgemisch zugeführt. Im Ansaugkanal 2 kann beispielsweise auch ein hier nicht dargestellter Luftmassenmesser angeordnet sein. Ausgangsseitig ist die Brennkraftmaschine 1 mit einem Abgaskanal 3 verbunden. In Strömungsrichtung des Abgases gesehen ist im Abgaskanal 3 eine erste Lambdasonde 4, ein zur Konvertierung schädlicher Abgasbestandteile dienender Dreiwegekatalysator 5 und eine zweite Lambdasonde 6 vorgesehen. Mit Hilfe der eine stetige Charakteristik aufweisenden ersten Lambdasonde 4 (Regelsonde) wird das Kraftstoff-Luftverhältnis im Abgas vor dem Katalysator 5 bestimmt. Die zweite Lambdasonde 6 (Monitorsonde) dient u. a. zur Überprüfung des Katalysators 5 und weist typischerweise eine binäre Charakteristik auf. An der Brennkraftmaschine 1 ist an einer geeigneten Stelle ein Drehzahlsensor 7 zur Erfassung der Drehzahl der Brennkraftmaschine 1 angeordnet, dessen Signal über eine entsprechende Verbindungsleitung einer zentralen Steuerungseinrichtung 8 zugeführt wird.

Zur Steuerung und Regelung der Brennkraftmaschine 1 kann die Steuerungseinrichtung 8 über eine nur schematisch dargestellte Daten- und Steuerleitung 9 noch mit weiteren Sensoren und Aktoren verbunden sein. Die Steuerungseinrichtung 8, die u. a. die Einspritzung steuert, weist in bekannter Weise einen Mikrocomputer 10, entsprechende Schnittstellen für Signalaufbereitungsschaltungen, sowie eine Ein- und Ausgabeeinheit auf. Der Mikrocomputer 10 umfasst eine Zentraleinheit (CPU),

welche die arithmetischen und logischen Operationen mit den eingespeisten Daten durchführt. Die dazu notwendigen Programme und Solldaten liefert ein Festwertspeicher (ROM). Ein Betriebsdatenspeicher (RAM) 11 dient u. a. dazu, die von den Sensoren gelieferten Daten zu speichern, bis sie vom Mikrocomputer 10 abgerufen oder durch aktuellere Daten ersetzt, d. h. überschrieben werden. Das erfindungsgemäße Verfahren dient wesentlich dazu, die Ressourcen dieses Speichers 11 zu schonen, die durch die erforderliche, in einem Bereich dieses Speichers 11 erfolgende Zwischenspeicherung von Werten belastet werden, die mit der Korrektur der Druckabhängigkeit des Messsignals der Lambdasonde 4 im Zusammenhang stehen.

Figur 2 zeigt im oberen Teil ein periodisch zeitabhängiges Spannungssignal  $U_M$ , das das ungefilterte Messsignal der Lambdasonde 4 repräsentiert. Die dünnen senkrechten Striche deuten das Raster der Aktualisierungsrate  $T$  des Ausgangssignales an, wobei im dargestellten Beispiel (Vierzylindermotor mit einflutiger Abgasanlage) alle 10 ms die Mittelung über eine drehzahlabhängige Periodendauer  $T_P$  von Druckpulsationen des Abgases erfolgt. Diese Aktualisierungsrate  $T=10$  ms ist mit dem M1-Block-Zeitraster synchronisiert, dem wiederum das hier gewählte Einzelwert-Abtast-Zeitraster von 1 ms zu Grunde liegt. Jeder M1-Block umfasst im gegebenen Beispiel also jeweils 10 Einzelwerte. Das gefilterte Ausgangssignal, das jeweils zu den Aktualisierungszeitpunkten  $t_n$  bzw.  $t_{n'}$  berechnet wird, ist durch die in Figur 1 punktförmig dargestellten Spannungswerte  $U_A$  repräsentiert. Das gemittelte Lambda-Ausgangssignal weist also, wie bei ordnungsgemäß geregelter Betriebszustand zu erwarten, eine sich über die unterschiedlichen, durch die dicken senkrechten Striche markierten, Drehzahl-Bereiche  $D_1$  bzw.  $D_2$  der Brennkraftmaschine 1 erstreckende Konstanz auf.

Da die Mittelung genau über eine Periodendauer  $T_P$  der Druckpulsationen erfolgen muss, wird von der Steuerungseinrichtung 8 zunächst eine drehzahlabhängige Summationsdauer, also  $T_{P1}$

für D1 und TP2 für D2, bestimmt. Dieser Summationszeit entspricht, abhängig von der gewählten Abtastrate des Messsignals, hier 1 ms, eine definierte Anzahl von einzelnen Rohwerten des Messsignals. Im in Figur 2 dargestellten Beispiel ist  
5 im linken Teil der Figur ein Bereich D1 mit höherer Drehzahl (z. B. 1666 Umdrehungen/min) dargestellt, bei dem eine Summationszeit von 18 ms berechnet wird, so dass zur Mittelwertbildung jeweils über ein Segment von insgesamt  $N1=18$  Einzelwerten  $VLS_{1ms}$  summiert werden muss. Zu jedem Aktualisierungszeitpunkt  $t_n$ , hier beispielsweise am durch die linke dicke Linie markierten Ende des Drehzahlbereiches D1, muss jeweils über genau 18 der zurückliegenden Einzelwerte summiert werden, wie in Figur 2 durch die 18 kurzen Striche und den darüber angeordneten Pfeil, der die zeitlich zurückschauende  
10 Betrachtung bei der Mittelung symbolisiert, angedeutet. Andererseits ergibt sich für den Bereich zwischen den beiden dicken senkrechten Linien der Figur 2 auf Grund des dort repräsentierten Bereichs D2 mit geringerer Drehzahl eine relativ größere Summationszeit und, damit korrespondierend, eine dementsprechend höhere Anzahl  $N1$  von zu summierenden Einzelwerten, im hier gezeigten Beispiel ( $D2=714$  Umdrehungen)  $N1=41$ . Die zum Aktualisierungszeitpunkt  $t_n$  und unmittelbar davor,  $t_{n-1}$ , zu betrachtenden Segmente  $n'$  bzw.  $n'-1$  sind, wiederum durch Pfeile, im Drehzahlbereich D2 in Figur 2 angedeutet.

25 Die beispielsweise 18 im dargestellten höheren Drehzahlbereich D1 zu summierenden Einzelwerte  $VLS_{1ms}$  werden erfindungsgemäß nicht alle bis zur Summation im Zwischenspeicher niedergelegt. Vielmehr werden die ersten 10 zeitlich zuerst abgetasteten Einzelwerte eines Segmentes sukzessive, gegebenenfalls unter Überschreibung der Einzelwerte eines bei der unmittelbar vorhergehenden Mittelwertbildung angelegten ( $M1=10$ )-Blocks, in den Zwischenspeicher eingeschrieben und  
30 danach blockweise verarbeitet, d. h. am Ende des betreffenden ( $M1=10$ )-Block-Zeitintervalls zu einem Blockwert summiert. Dieser einzelne Blockwert, der die gefilterte, aus 10 Einzelwerten zusammengezogene Information über den Mittelwert des

Messsignals im Zeitintervall des gegebenen Blocks repräsentiert, wird bis zur nächsten Aktualisierung im Zwischenspeicher aufbewahrt, während die zwischengespeicherten 10 "alten" Einzelwerte im Ringspeichermodus sukzessive durch die 10 Einzelwerte des nächstfolgenden ( $M1=10$ )-Blocks überschrieben werden. Im in Figur 2 gewählten Beispiel kann (im Bereich D1) gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung so vorgegangen werden, dass der erste (hier: einzige, da  $N1=18=1*10+8$ , also:  $N=1$ ) Blockwert zwischengespeichert wird, dass im nächstfolgenden Block-Zeitabschnitt zunächst die, im Segment der  $N1=18$  insgesamt zur Mittelung heranzuziehenden Einzelwerte noch fehlenden, 8 Einzelwerte nacheinander in die bisher durch die alten Einzelwerte besetzten Positionen eingeschrieben werden, dass zeitrastergemäß zwei weitere Einzelwerte abgetastet und eingeschrieben werden, und dass mit Beendigung dieses "letzten" Block-Zeitabschnittes die fällige Aktualisierung des Mittelwertes in der Weise durchgeführt wird, dass der einzelne Blockwert und die einzelnen ersten 8 Einzelwerte des zuletzt angelegten ( $M1=10$ )-Blocks summiert werden. Parallel dazu werden alle 10 Einzelwerte des zuletzt angelegten ( $M1=10$ )-Blocks zu einem Blockwert summiert und zwischengespeichert, der bei der nächstfolgenden Aktualisierung herangezogen wird. Der zu einem bestimmten Aktualisierungszeitpunkt  $t_n$  festgestellte "aktuelle" Mittelwert ist also, im gegebenen Beispiel, genaugenommen bereits 2 Abtast-Intervalle "alt", die gemäß der vorgegebenen Synchronisation abgewartet werden müssen.

Figur 3 bezieht sich auf eine zweite Ausführungsform der Erfindung, die in den Fällen  $N1 \neq N * M1$  alternativ zu der bei Figur 2 diskutierten Methode einsetzbar ist. Beispielhalber wird bei der folgenden Erläuterung eine einflutige Abgasanlage eines mit 1304 Umdrehungen laufenden Vierzylindermotors, eine Aktualisierung im 10 ms Raster, ein Abtast-Zeitraster von 1 ms, eine Blocklänge  $M1$  von 10 Einzelwerten und eine Summationszeit von 23 ms, also eine Segmentlänge  $N1=23$ , vorausgesetzt.

Die obere Ebene ("Einzelwertspeicher") in Figur 3 bezieht sich auf die Abtastung bzw. Zwischenspeicherung der jeweils 10 Einzelwerte eines aktuell zu verarbeitenden Blocks. Dargestellt ist lediglich der letzte der beispielhalber vier in Figur 3 betrachteten Blöcke, der, wie symbolisch angedeutet, ebenso wie die drei vor ihm verarbeiteten Blöcke, in einen ersten Teilblock B1, der 7 Einzelwerte umfasst, und einen zweiten Teilblock, der 3 Einzelwerte umfasst, aufgeteilt wurde. Diese spezielle Aufteilung kommt im betrachteten Beispiel im Hinblick darauf zustande, dass, entsprechend  $N1=23=2*10+3$ , bei der weiteren Berechnung ein Teilblock B2 mit 3 Einzelwerten benötigt wird.

Die mittlere Ebene in Figur 3 zeigt vier Paare von Teilblockwerten MW\_B1 und MW\_B2 (die in der Figur zusätzlich angefügte Endziffer bezieht sich auf die Entstehung aus einem der vier Einzelwert-Blöcke; die die Blockwerte symbolisierenden Striche sind nicht unmittelbar auf die Zeitachse der unteren Ebene zu beziehen), die nacheinander jeweils aus dem entsprechenden der vier  $M1=10$ -Einzelwert-Blöcke generiert und zwischengespeichert wurden. Beispielsweise wurden die ersten 7 Einzelwerte des ersten Blocks, nach Abtastung und Zwischenspeicherung aller 10 Einzelwerte dieses Blocks, zum Teilblockwert MW\_B1\_1 summiert und zwischengespeichert, während die letzten 3 Einzelwerte dieses Blocks zum Teilblockwert MW\_B2\_1 summiert und zwischengespeichert wurden. Die zugehörigen, nicht mehr benötigten Einzelwerte können dann durch die neuen Einzelwerte des nächsten, zweiten Blocks überschrieben werden. Die neuen Einzelwerte werden anschließend, in analoger Weise wie beim ersten Block, zu Teilblockwerten MW\_B1\_2 und MW\_B2\_2 verarbeitet.

Zur Mittelwertberechnung, deren Ergebnis symbolisch von der unteren Ebene ("Messwertausgabe") in Figur 3 repräsentiert ist, werden lediglich die gemäß der mittleren Ebene zwischengespeicherten Teilblockwerte benötigt. Wie schematisch für

zwei Aktualisierungszeitpunkte durch Linien zwischen der mittleren und der unteren Ebene angedeutet, wird beispielsweise der nach 30 ms fällige, aktuelle Mittelwert dadurch berechnet, dass die beiden aus dem unmittelbar vor dem Aktualisierungszeitpunkt liegenden dritten Block entstandenen Teilblockwerte, die beiden aus dem zweiten Teilblock entstandenen Teilblockwerte sowie der aus dem ersten Block entstandene Teilblockwert MW\_B2\_1 summiert (und durch N1 dividiert) werden. Auf diese Weise kann am jeweiligen Aktualisierungszeitpunkt sofort auf die benötigte exakte Anzahl N1, hier N1=23, der unmittelbar vor dem Aktualisierungszeitpunkt liegenden Einzelwerte zurückgeblickt werden.

Es ist vorteilhaft, wenn mindestens bei einem der verarbeiteten M1-Blöcke auch eine der beiden Teilblocklängen bis zur aktuellen Mittelwertbildung zwischengespeichert wird.

Wie beschrieben, kann durch die blockweise Vorverarbeitung der Einzelwerte des Messsignals der Lambdasonde der Ressourcen- und Rechenzeitbedarf der zur Signalaufbereitung nötigen Rechnung deutlich gesenkt werden, wobei der Haupteffekt in der Einsparung von Speicherplatzressourcen liegt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass eine Rechnung im 1 ms Zeitraster und die Bereitstellung von beispielsweise (rund) 140 Speicherplätzen für ein Zweibanksystem große Anforderungen an die Gesamtressourcen einer Motorsteuerung stellt. Der erfindungsgemäße Vorteil kommt deshalb bei Mehrbanksystemen stärker zum Tragen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Gewinnen eines bereinigten Ausgangssignales aus dem eine periodische Druckabhängigkeit aufweisenden Mess-  
5 signal einer im Abgas einer Brennkraftmaschine (1) angeordneten Lambdasonde (4), bei dem das Messsignal in einem Zeitraster abgetastet und durch Aufsummation über eine vorgegebene Summationszeit gemittelt wird, wobei die Summationszeit der drehzahlabhängigen Periodendauer (TP1, TP2) von Druckpulsati-  
10 onen des Abgases entspricht,  
dadurch gekennzeichnet,

- dass die fortlaufend abgetasteten Einzelwerte des Mess-  
signals in einem Speicherbereich eines Speichers (11) ei-  
ner Steuerungseinrichtung (8) für die Brennkraftmaschine  
15 (1) zwischengespeichert werden, und
- dass zu jedem Zeitpunkt ( $t_n$ ), zu dem ein aktualisiertes Sonden-Ausgangssignal benötigt wird, von der Steuerungseinrichtung (8) eine Mittelwertbildung eingeleitet wird, in die eine der Summationszeit entsprechende Anzahl N1  
20 von im Zeitraster abgetasteten Einzelwerten einbezogen wird,
- wobei die Summation über die N1 Einzelwerte blockweise erfolgt und bereits vor dem Aktualisierungszeitpunkt ( $t_n$ ) beginnt, so dass zur Berechnung eines Mittelwertes die  
25 zum Aktualisierungszeitpunkt ( $t_n$ ) bereits fortlaufend blockweise gebildeten und anstelle der jeweiligen Einzelwerte zwischengespeicherten Blockwerte herangezogen werden.

30 2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass die blockweise Summation über jeweils M1 nacheinander abgetastete und zwischengespeicherte Einzelwerte (M1-Block) und in einem Block-Zeitraster erfolgt, das dem M1-fachen des Abtast-Zeitrasters (Abtastrate) ent-  
35 spricht, und dass die Aktualisierungszeitpunkte ( $t_n$ ) mit dem M1-Block-Zeitraster synchronisiert werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet, dass in Fällen, in denen die Anzahl  $N_1$  nicht einem Vielfachen  $N$  von  $M_1$  entspricht, die über ein höchstes Vielfaches  $N \cdot M_1$  hinausgehenden ersten  $N_1 - N \cdot M_1$  Einzelwerte des zuletzt abgetasteten  $M_1$ -Blocks bei einer aktuellen Mittelwertbildung einzeln einbezogen werden, während die restlichen Einzelwerte dieses  $M_1$ -Blocks dabei unberücksichtigt bleiben und erst in Form eines für diesen gesamten  $M_1$ -Block zu bildenden und zwischenzuspeichernden Blockwertes in die auf die aktuelle folgende Mittelwertbildung einbezogen werden.

4. Verfahren nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

- dass in Fällen, in denen die Anzahl  $N_1$  nicht einem Vielfachen  $N$  von  $M_1$  entspricht, jeder  $M_1$ -Block in zwei Teilblöcke  $B_1$  und  $B_2$  aufgespalten wird,
- wobei der Teilblock  $B_2$  die über ein höchstes Vielfaches  $N \cdot M_1$  hinausgehenden letzten  $N_1 - N \cdot M_1$  Einzelwerte des jeweiligen  $M_1$ -Blocks und der Teilblock  $B_1$  die restlichen ersten  $M_1 - (N_1 - N \cdot M_1)$  Einzelwerte des  $M_1$ -Blocks umfasst,
- dass im Block-Zeitraster eine blockweise Summation der jeweiligen beiden Teilblöcke  $B_1$  und  $B_2$  zu Teilblockwerten  $MW_{B_1}$  und  $MW_{B_2}$  erfolgt, die anstelle der jeweiligen Einzelwerte zwischengespeichert werden,
- und dass bei einer aktuellen Mittelwertbildung jeweils die beiden Teilblockwerte der  $N$  zuletzt verarbeiteten  $M_1$ -Blöcke und der Teilblockwert  $MW_{B_2}$  des unmittelbar vor den  $N$  letzten  $M_1$ -Blöcken verarbeiteten  $M_1$ -Blocks herangezogen werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet, dass mindestens bei einem der verarbeiteten  $M_1$ -Blöcke auch eine der beiden Teilblocklängen bis zur aktuellen Mittelwertbildung zwischengespeichert wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,



dadurch gekennzeichnet, dass der Speicherbereich im Ringspeichermodus betrieben wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
5 dadurch gekennzeichnet, dass das Messsignal einer stromaufwärts eines Katalysators (5) der Brennkraftmaschine (1) angeordneten, eine stetige Charakteristik des Messsignals aufweisenden Lambdasonde (4) ausgewertet wird.

## Zusammenfassung

Verfahren zur Dämpfung von Druckschwingungen im Messsignal einer Lambdasonde

5

Um die fortlaufend abgetasteten Einzelwerte des Messsignals durch Aufsummation über eine der drehzahlabhängigen Periode (TP1, TP2) von Druckpulsationen des Abgases entsprechende Summationszeit und unter Schonung der Speicherressourcen zu  
10 mitteln, wird vorgeschlagen, dass die Summation über die N1 Einzelwerte blockweise erfolgt und bereits vor der Signalaktualisierung beginnt, so dass zur Berechnung eines Mittelwertes die zum Aktualisierungszeitpunkt ( $t_n$ ) bereits fortlaufend blockweise gebildeten und anstelle der jeweiligen Einzelwerte  
15 zwischengespeicherten Blockwerte herangezogen werden.

Figur 3

Fig. 1

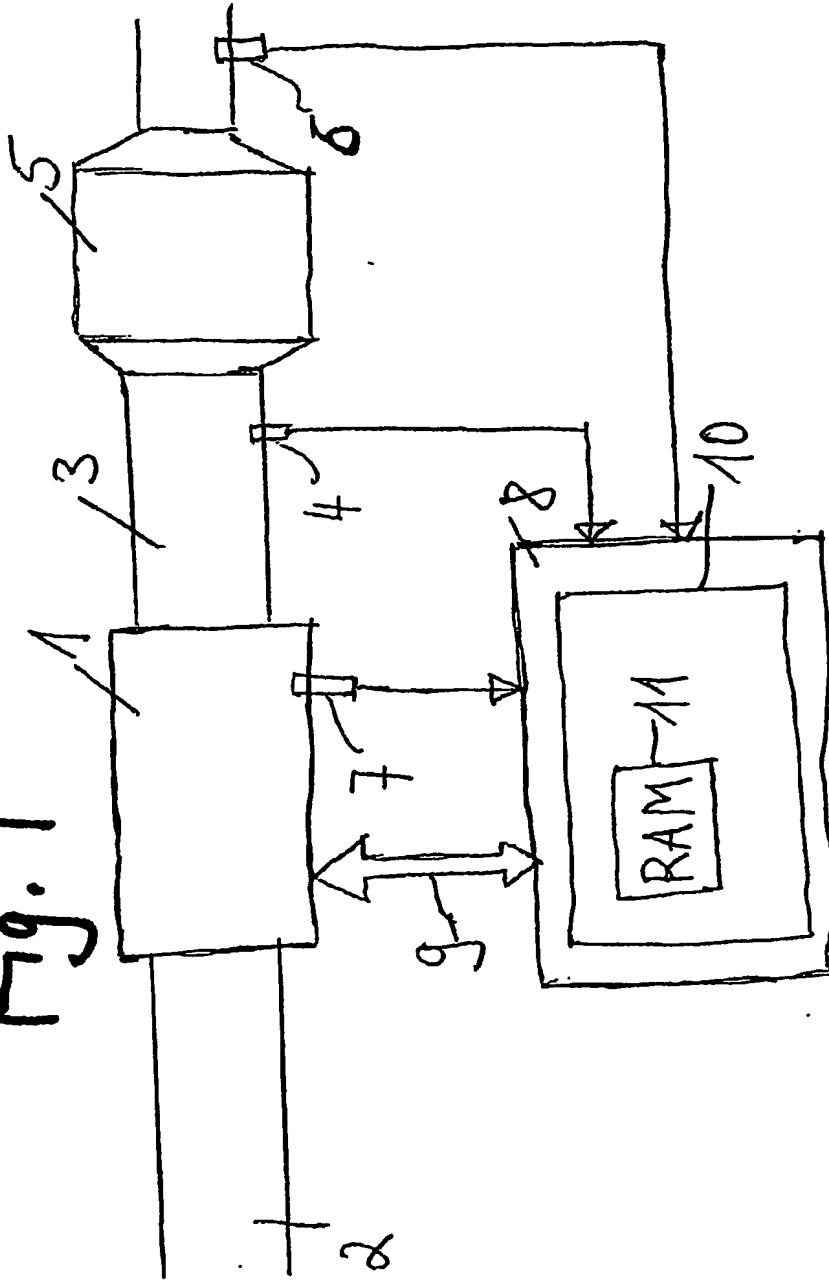
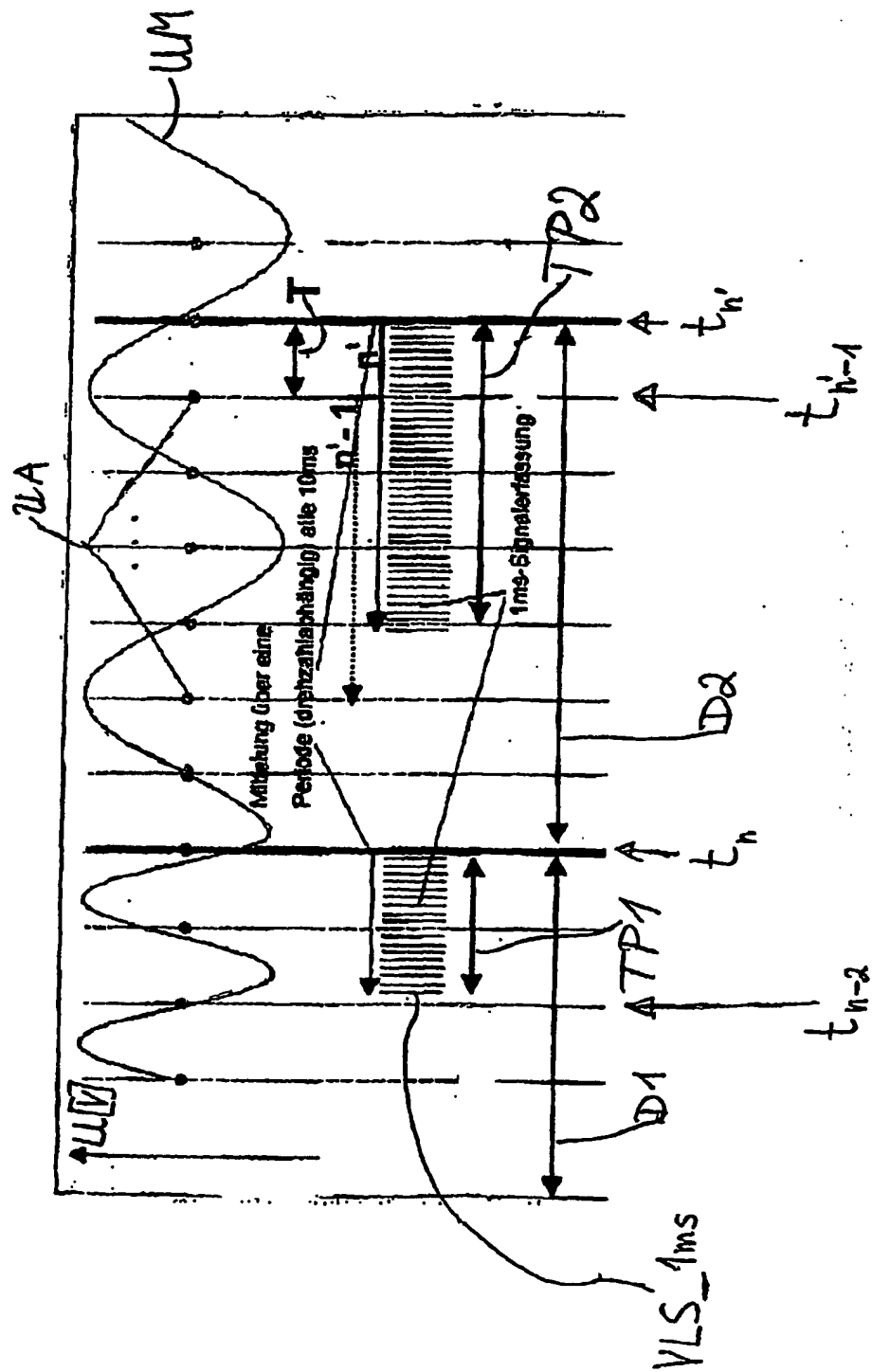


Fig. 2





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**